

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7 :

C07D 209/42, 209/08, 209/34, C07C  
223/04, 217/52, 205/33, 205/28, 205/29

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/40555

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum:

13. Juli 2000 (13.07.00)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP99/10159

(22) Internationales Anmeldedatum:

21. Dezember 1999  
(21.12.99)

(30) Prioritätsdaten:

199 00 205.3

7. Januar 1999 (07.01.99)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): BASF AK-  
TIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; D-67056 Ludwigshafen  
(DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): EBEL, Klaus [DE/DE];  
Kranichweg 23, D-68623 Lampertheim (DE). OHLBACH,  
Frank [DE/DE]; Schulstr. 7, D-69221 Dossenheim (DE).  
NÜBLING, Christoph [DE/DE]; Schlehenweg 5f, D-67454  
Haßloch (DE).(74) Gemeinsamer Vertreter: BASF AKTIENGESELLSCHAFT;  
D-67056 Ludwigshafen (DE).(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, RO, SI, US, europäisches Patent  
(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.  
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen  
eintreffen.(54) Title: METHOD FOR PRODUCING (2S,4R,9S)-OCTAHYDRO-1H-INDOLE-2-CARBOXYLIC ACID AND INTERMEDIATE  
PRODUCTS THEREFOR(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON (2S,4R,9S)-OCTAHYDRO-1H-INDOL-2-CARBONSÄURE UND  
ZWISCHENPRODUKTE DAFÜR

(57) Abstract

The invention relates to a method for producing (2S,4R,9S)-octahydro-1H-indole-2-carboxylic acid. The invention is characterised in that a. a compound of the formula (I)  $(R^1O)_2CH-CH_2-CH(OR^2)_2$ , wherein  $R^1$  and  $R^2$  are equal or different and represent  $C_{1-4}$ -alkylgroups, is converted with water in the presence of an acid catalyst; b. the 3,3-dialkoxypropionaldehydes of the formula (II)  $(R^1O)_2CH-CH_2-CHO$  thus obtained are subjected to a Henry reaction with nitromethane; c. the 4,4-dialkoxy-1-nitro-2-butanol of the formula (III)  $(R^1O)_2CH-CH_2-CHOH-CH_2-NO_2$  thus obtained is dehydrated; d. the nitroolefin IV thus obtained is converted into the corresponding trans-4-(2,2-dialkoxyethyl)-5-nitro-1-cyclohexene V by means of a Diels-Alder reaction; e. the substance V thus obtained is hydrated to form corresponding trans-4-(2,2-dialkoxyethyl)-5-amino-1-cyclohexane VI; f. the compound VI is subjected to a racemic division and the (1S,2R)-1-amino-2-(2,2-dialkoxyethyl)-cyclohexane VII is obtained in the enantiomerically pure form by enzymatic racemic division; g. the compound VII obtained thereby is hydrolysed to form the corresponding acetal VIII; h. the aldehyde obtained thereby is converted into the corresponding nitrile VIII and i. said nitrile is cyclised to form the (2S,4R,9S)-octahydro-1H-indole-2-carboxylic acid.

(57) Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Herstellung von (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure beschrieben, welches darin besteht, daß man: a. eine Verbindung der Formel (I)  $(R^1O)_2CH-CH_2-CH(OR^2)_2$ , worin  $R^1$  und  $R^2$  gleich oder verschieden sind und  $C_{1-4}$ -Alkylgruppen darstellen, mit Wasser in Gegenwart eines sauren Katalysators umsetzt; b. die so erhaltenen 3,3-Dialkoxypropionaldehyde der Formel (II)  $(R^1O)_2CH-CH_2-CHO$  einer Henry-Reaktion mit Nitromethan unterwirft; c. das so erhaltene 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-butanol der Formel (III)  $(R^1O)_2CH-CH_2-CHOH-CH_2-NO_2$  dehydratisiert; d. das so erhaltene Nitroolefin IV mit Hilfe einer Diels-Alder-Reaktion in das entsprechende trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-nitro-1-cyclohexen V überführt; e. die so erhaltene Substanz V zum entsprechenden trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-amino-1-cyclohexan VI hydriert; f. die Verbindung VI einer Racematspaltung unterwirft und das die so erhaltene Verbindung VII zum entsprechenden Acetal VIII hydrolysiert; g. den so erhaltenen Aldehyd in das entsprechende Nitril VIII überführt und; i. Dieses Nitril zur (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure cyclisiert.

BEST AVAILABLE COPY

# LEDIGLICH ZUR INFORMATION

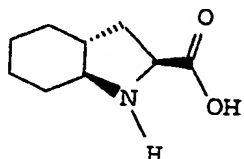
Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren zur Herstellung von (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure und Zwischenprodukte dafür

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure und Zwischenprodukte, die bei dieser Herstellung verwendet werden.  
(2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure besitzt die Formel

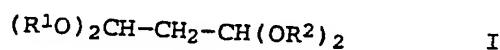
10



- 15 (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure ist ein wichtiges Zwischenprodukt zur Herstellung von Angiotensinase-Inhibitoren (DE 3.322.530, EP 267.098). Insbesondere ist es ein Schlüsselprodukt bei der Herstellung von Trandolapril (EP 84.164).
- 20 Die bislang bekannten Herstellwege für (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure sind sehr aufwendig (EP 267 098, DE 3322530). Es wurde nun ein wesentlich einfacheres und kostengünstigeres Verfahren zur Herstellung dieser Substanz gefunden.
- 25 Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure, welches darin besteht, daß man

- a. eine Verbindung der Formel I

30

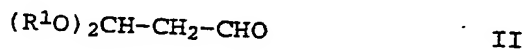


worin  $R^1$  und  $R^2$  gleich oder verschieden sind und  $C_{1-4}$ -Alkylgruppen darstellen, mit Wasser in Gegenwart eines sauren Katalysators umgesetzt,

35

- b. die so erhaltenen 3,3-Dialkoxypropionaldehyde der Formel II

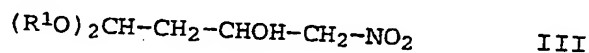
40



einer Henry-Reaktion mit Nitromethan unterwirft,

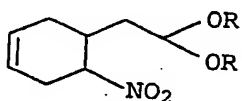
- c. das so erhaltene 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-butanol der Formel III

45



dehydratisiert,

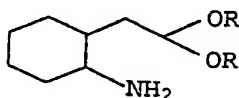
- d. das so erhaltene Nitroolefin IV mit Hilfe einer Diels-Alder-Reaktion in das entsprechende trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-nitro-1-cyclohexen V



V

überführt,

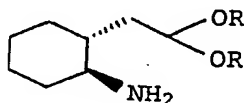
- e. die so erhaltene Substanz V zum entsprechenden trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-amino-1-cyclohexan VI



VI

hydriert,

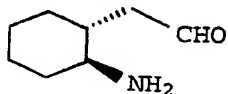
- f. die Verbindung VI einer Racematspaltung unterwirft und das (1S,2R)-1-Amino-2-(2,2-dialkoxyethyl)-cyclohexan VII



VII

durch enzymatische Racematspaltung in enantiomerenreiner Form gewinnt,

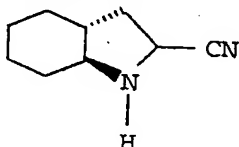
- g. die so erhaltene Verbindung VII zum entsprechenden Aldehyd VIII



VIII

hydrolysiert,

- h. den so erhaltenen Aldehyd durch Umsetzung mit Cyanid-Ionen in das entsprechende Nitril IX



IX

überführt und

- i. dieses Nitril zur (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure verseift.

Die Hydrolyse der 1,1,3,3-Tetraalkoxyalkane (I) zu den entsprechenden 3,3-Dialkoxypropionaldehyden (= Malondialdehyd-Monoacetallen) (II) wird durch Umsetzung des Edukts mit Wasser und einem sauren Katalysator durchgeführt. Als Katalysatoren sind im Prinzip alle für die Hydrolyse von Acetalen bekannten Katalysatoren einsetzbar. Insbesondere geeignet sind starke Protonensäuren oder stark saure Ionenaustauscher, wie z.B. Schwefelsäure, Salzsäure, Phosphorsäure, Toluolsulfonsäure, Nafion, Ionenaustauscher mit Sulfonsäure-Gruppen etc.

Die Stufe b, die Henry-Reaktion des Malondialdehyd-Monoacetals mit Nitromethan zum 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-butanol (III) wird unter den für solche Additionen üblichen Bedingungen durchgeführt (M. Shvekhgeimer, Russ. Chem. Rev. 67, 35-68 (1998)). Als Katalysatoren kommen alle für solche Reaktionen beschriebenen Katalysatoren in Betracht wie beispielsweise stickstoffhaltige Basen, wie aliphatische Amine oder Guanidine, basische Ionenaustauscher, Kaliumfluorid, Kaliumfluorid auf Aluminiumoxid, Alkali- oder Erdalkali-Hydroxide und Alkali- oder Erdalkali-Alkoholate, wie Natriummethylat geeignet. Die Stufe b wird in der Regel unter basischen Bedingungen durchgeführt. Als Basen eignen sich insbesondere Amine, bevorzugt tertiäre Amine, wie beispielsweise Trimethylamin, Triethylamin, Tetramethylethylen-diamin, Tetramethyl-1,3-propandiamin, DBN und DABCO. Das Malondialdehyd-Monoacetal kann als Rohprodukt, wie es bei der Hydrolyse anfällt, problemlos ohne eine spezielle Reinigung weiterverarbeitet werden.

In der Stufe c wird das 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-butanol (III) zum 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-buten (IV) dehydratisiert. Für die Dehydratisierung können alle für die Dehydratisierung von beta-Nitroalkoholen bekannten Methoden verwendet werden. Als solche seien genannt: 1. Die direkte Dehydratisierung mit Aluminiumoxid (J.Org.Chem. 57, 2160-2162 (1992)), 2. die Dehydratisierung mit Methansulfonsäurechlorid und Triethylamin (J.Org.Chem. 40, 2138-2139 (1975)) und 3. die Dehydratisierung mittels Phthalsäureanhydrid (Org. Synth. 60, 101 (1981)).

Die Dehydratisierung c kann auch durch Acylierung des Alkohols mit einem Säureanhydrid und anschließende Abspaltung von Säure mit Basen wie Alkylalbicarbonaten oder Alkalihydrogencarbonaten oder stickstoffhaltigen Basen oder Aluminiumoxid vorgenommen werden, vgl. J.Am.Chem.Soc. 76, 2716 (1954), J. Am.Chem.Soc. 69, 1048 (1947), Synthesis 1983, 920, Liebigs Ann.Chem. 1994, 1235

und Tetrahydron Lett. 35, 5731 (1994). Weitere Dehydratisierungsmöglichkeiten sind die mit Dicyclohexylcarbodiimid unter Kupfer-Katalyse (Synthesis 1982, 1017) und die mit Triphenylphosphin/Tetrachlorkohlenstoff/-Triethylamin (Synthesis 1994, 685).

5

- Als besonders günstig hat sich für die Dehydratisierung c erwiesen, den Nitroalkohol mit Acetanhydrid zu acylieren und anschließend Essigsäure abzuspalten. Dabei wird die Essigsäure zum Teil bereits während der Acylierung abgespalten. Die vollständige
- 10 Abspaltung kann entweder thermisch bei Temperaturen von 120 bis 500°C oder mit Basen, wie Alkali- oder Erdalkali-carbonaten, -hydrocarbonaten oder -hydroxiden der aliphatischen Aminen erfolgen. Für die Acylierung werden vorteilhaft Katalysatoren (beispielsweise 4-(Dimethylamino)pyridin) eingesetzt. Bei der
- 15 Dehydratisierung entsteht überwiegend das thermodynamisch stabilere trans-Produkt.

- In der Stufe d wird das Nitroolefin mit Butadien in einer Diels-Alder-Reaktion umgesetzt. Bei rein thermischer Durchführung ohne
- 20 Katalysator wird die Diels-Alder-Reaktion bei Temperaturen zwischen 50 und 200°C, bevorzugt zwischen 90 und 120°C, in aromatischen Kohlenwasserstoffen wie Benzol, Toluol oder Xylol durchgeführt. Durch den Einsatz von Katalysatoren kann die Reaktionstemperatur abgesenkt werden. Aus dem trans-Nitroolefin entsteht da-
- 25 bei trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-nitro-1-cyclohexen.

- In der Stufe e werden die Doppelbindung und die Nitrogruppe hydriert. Die Hydrierung kann ein- oder zweistufig durchgeführt werden. Als Katalysatoren sind alle Hydrierkatalysatoren,
- 30 vorzugsweise Raney-Nickel oder Pd- oder Pt-Katalysatoren wie z.B. Pd/C oder Pt/C geeignet. Die Hydrierung wird bei 20 bis 150°C durchgeführt. Als Lösungsmittel eignen sich: Alkohole wie Methanol und Ethanol oder Essigsäure.

- 35 Die Herstellung von enantiomerenreinem (1S,2R)-1-Amino-2-(2,2-dialkoxyethyl)-cyclohexan (Stufe f) gelingt durch Racemattrennung in üblicher Weise. Als besonders geeignet hat sich die enzymatische Racematspaltung erwiesen. Hierbei wird die racemische Mischung von (1S,2R)- und (1R,2S)-1-Amino-2-
- 40 (2,2-dialkoxyethyl)-cyclohexan mit Acylierungsmitteln wie Alkoxyessigsäureisopropylester in Gegenwart von Hydrolasen, insbesondere Lipasen umgesetzt. Dabei wird das (1R,2S)-Enantiomer selektiv acyliert, während das gewünschte (1S,2R)-Enantiomer nicht reagiert und aus dem Reaktionsgemisch destillativ oder
- 45 chromatisch abgetrennt werden kann. Als Lipase eignet sich

besonders Novozym 435. Die Spaltung erfolgt zweckmäßig bei 20 bis 40°C.

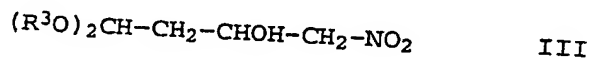
Die Hydrolyse des Acetals (Stufe g) zum Aldehyd erfolgt zweckmäßig durch Kochen des Acetals in wässriger Säure wie Salzsäure, Schwefelsäure oder Phosphorsäure.

Die Überführung des Aldehyds in das Nitril (Stufe h) gelingt besonders gut durch Umsetzung mit Natriumcyanid unter alkalischen Bedingungen bei  $\text{pH} > 9$ , wobei das Nitril direkt zum Natriumsalz der (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure verseift wird (Stufe i). Die Säure wird dann durch Ansäuern der Reaktionslösung erhalten.

Gegenstand der Erfindung sind auch die neuen Verbindungen, über die die oben beschriebene Synthese läuft. Es sind dies:

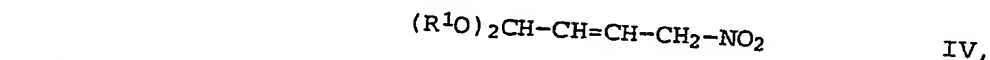
2. 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-butanole der Formel III

20



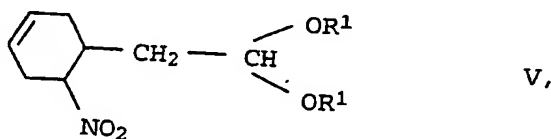
worin  $\text{R}^3$  eine Methyl-, Ethyl-, Propyl- oder Butylgruppe darstellt,

3. 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-butene der Formel IV



4. trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-nitro-1-cyclohexene der Formel V

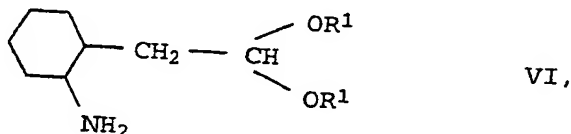
30



35

5. trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-amino-1-cyclohexane der Formel VI

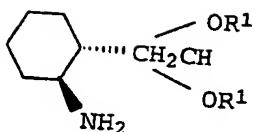
40



6. (1S,2R)-1-Amino-2-(2,2-dialkoxyethyl)-cyclohexane der Formel VII

45

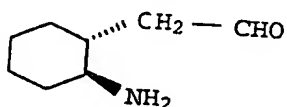
6



VII,

5

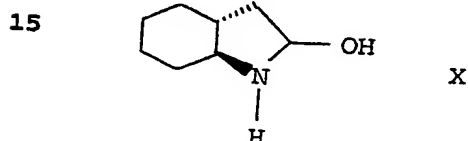
7. der Aldehyd der Formel VIII



VIII,

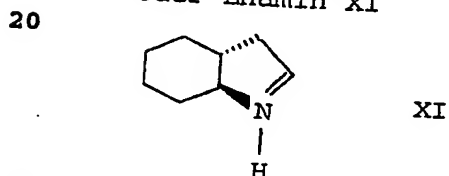
10

oder dessen intramolekulares Halbaminial X



15

oder Enamin XI



20

25 sowie deren Säureadditionssalze.

Das neue Verfahren zur Herstellung von (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure liefert die Substanz in einer deutlich besseren Ausbeute als die bislang bekannten Verfahren zu ihrer Herstellung. Weiter ist die Herstellung der Substanz dadurch stark vereinfacht, daß die Synthese über weniger Stufen führt. Schließlich sind die als Ausgangsmaterialien verwendeten 1,1,3,3-Tetraalkoxyalkane in technischem Maßstab kostengünstig herstellbare Ausgangsmaterialien.

35

Die neuen Zwischenprodukte stellen die Schlüsselsubstanzen für die Synthese dar.

Beispiele

40

Beispiel 1

Herstellung von 3,3-Dimethoxypropanal mit saurem Ionentauscher als Katalysator

45



Man kochte eine Mischung aus 2756 g (16 Mol) 95%igem 1,1,3,3-Tetramethoxypropan, 292 g (16 Mol) Wasser, 256 g (8 Mol) Methanol und 20 g stark saurem Ionentauscher (BayKat. K 2431) in einem 6 l Rührreaktor aus Edelstahl 1,5 h unter Rückfluß. Anschließend wurde auf 50°C abgekühlt und der Ionentauscher abfiltriert. Das Filtrat wurde auf pH 2,5 eingestellt und über eine Kolonne mit 20 theoretischen Böden destilliert. Man erhielt folgende Fraktionen:

Frakt. Nr.	Druck [mbar]	Temp. [°C]	Menge [g]	Zusammensetzung
1	400-30	42-22	1200	87 % Methanol, 9 % Wasser
2	20	30-51	84	56,2 % Dimethoxypropionaldehyd
3	20	51-57	575	98,9 % Dimethoxypropionaldehyd
4	20	57-69	349	68,6 % Dimethoxypropionaldehyd 31,0 % Tetramethoxypropan
5	20	69-71	816	98,3 % Tetramethoxypropan
Rückstand			260	

Fraktion 3 wurde für die nächste Stufe eingesetzt. Die Fraktion 4 wurde redestilliert und die bei 51 - 57°C überdestillierende Fraktion (239 g) zur Fraktion 3 hinzugefügt.

Von den 2756 g (16 mol) eingesetztem 95%igem Tetramethoxypropan wurden 925 g (5,6 mol) zurückgewonnen. Daraus folgt ein Verbrauch von 1831 g (10,4 mol) Tetramethoxypropan, das heißt, daß 65 % des eingesetzten Tetramethoxypropans umgesetzt worden waren. Die Fraktionen 3 und 4 enthielten zusammen 575 g + 237 g (= 68,6 % von 349 g) = 812 g Dimethoxypropionaldehyd. Das entspricht einer Ausbeute von 66 % bezogen auf umgesetztes Tetramethoxypropan.

#### Beispiel 2

#### 4,4-Dimethoxy-1-nitro-2-butanol

Eine Mischung aus 122 g (2 mol) Nitromethan und 122 g Methanol wurde vorgelegt und unter Kühlung bei 20 - 30°C 120,4 g (1 mol) 98%iger 3,3-Dimethoxypropionaldehyd zugetropft. Anschließend ließ man 52 g (0,25 mol) 45%ige wäßrige Trimethylamin-Lösung zulaufen und rührte noch 2 h bei 50°C nach. Dann wurden die niedrig siedenden Bestandteile bei einer Sumpftemperatur von maximal 60°C im Vakuum (zum Ende des Abdestillierens bis 30 mbar) abdestilliert. Man erhielt 181,5 g eines Öls, welches nach GC-Analyse 157,7 g (0,98 mol) 4,4-Dimethoxy-1-nitro-2-butanol (Rohausbeute: 98 %) enthielt. Das Rohprodukt wurde ohne weitere Reinigung in die

nächste Stufe eingesetzt. Zur Bestimmung der analytischen Daten wurde nach Filtration über Aluminiumoxid am Kugelrohr destilliert:

5  $^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ ) nach Kugelrohrdestillation:  $\delta(\text{ppm}) = 1,82$  (t, 2H, C- $\text{CH}_2$ -C), 3,35 (s, 6H, O- $\text{CH}_3$ ), 3,84 (s, 1 H, OH), 4,4 - 4,6 (m, 3 H, CH-O und  $\text{CH}_2$ - $\text{NO}_2$ ), 4,62 (t, 1 H,  $\text{CH}(\text{OMe})_2$ )

### Beispiel 3

10

#### trans-4,4-Dimethoxy-1-nitro-1-buten

Das Rohprodukt aus der vorhergehenden Stufe (181 g) wurde in 360 ml Essigester gelöst und 1,2 g (0,01 Mol) 4-Dimethylamino-pyridin und 100,8 g (1,2 mol) festes Natriumhydrogencarbonat zugegeben. Dann tropfte man 153 g (1,5 mol) Acetanhydrid zu, wobei die Temperatur auf 35°C anstieg und rührte noch 2 h bei 50°C nach. Anschließend wurde die Reaktionsmischung mit 100 ml Wasser versetzt, wobei Kohlendioxid freigesetzt wurde. Nach Abtrennung der Wasserphase wurde die organische Phase noch 2 mal mit je 100 ml gesättigter Natriumhydrogencarbonat-Lösung gewaschen und die organische Phase am Rotationsverdampfer eingeeengt. Der Rückstand wurde bei 4 mbar und 130°C Wandtemperatur über einem Sambay-Verdampfer destilliert. Man erhielt 18 g Rückstand und 151 g orangerot gefärbtes Destillat, welches aus 68 % 4,4-Dimethoxy-1-nitro-1-buten, 10 % 2-Acetoxy-4,4-dimethoxy-1-nitro-1-butan, 1,5 % 4,4-Dimethoxy-1-nitro-2-butanol und 17 % Essigsäure bestand. Das Destillat wurde in 300 ml Essigester gelöst und 2 mal mit je 100 ml einer gesättigten Natriumhydrogencarbonat-Lösung gewaschen. Dann wurde die organische Phase abgetrennt, der Essigester am Rotationsverdampfer entfernt und der Rückstand nochmals destilliert. Man erhielt 128 g 4,4-Dimethoxy-1-nitro-1-buten mit einer Reinheit nach GC von 80 %. Das entspricht einer Ausbeute von 60 % ausgehend von 3,3-Dimethoxypropionaldehyd.

Dieses Produkt wird ohne weitere Reinigung in die nächste Stufe eingesetzt.

40 Durch die Destillation wurde eine Probe mit 95 % GC-Reinheit erhalten:

$^1\text{H-NMR}(\text{CDCl}_3)$ :  $\delta = 2,60$  (t, 2 H, C- $\text{CH}_2$ -C), 3,35 (s, 6 H, O- $\text{CH}_3$ ), 4,52 (t, 1 H,  $\text{CH}(\text{OMe})_2$ ), 7,05 - 7,3 (m, 2 H, Olefin-H). Durch Feinanalyse der olefinischen Protonen wurde ein trans:cis-Verhältnis von 14,2:1 ermittelt.

## Beispiel 4

trans-4-(2,2-Dimethoxyethyl)-5-nitro-1-cyclohexen

5 Man legte 214 g (1,0 mol) 75%iges 4,4-Dimethoxy-1-nitro-1-buten und 0,1 g Phenothiazin in einem Autoklaven bei Raumtemperatur in 850 ml Toluol vor und preßte dann 216 g (4,0 mol) Butadien auf. Anschließend wurde unter Eigendruck (etwa 6 bar) 30 h bei 100°C gerührt. Dann wurde abgekühlt und entspannt. Schließlich destil-

10 lierte man das Toluol und nicht umgesetztes Butadien ab. Man erhielt 270 g eines öligen Rückstandes, welcher nach GC-Analyse etwa 39 % Reaktionsprodukt und noch etwa 10 % Edukt enthielt. Das Rohprodukt wurde direkt ohne weitere Reinigung in die nachfol-

15 gende Hydrierung eingesetzt.

Durch Kugelrohrdestillation wurde eine Probe mit 95 % GC-Reinheit erhalten:

<sup>1</sup>H-NMR(CDCl<sub>3</sub>): δ(ppm) = 1,5 (m, 1H), 1,7 (m, 1H), 1,9 (m, 1H),  
20 2,35 - 2,75 (m, 4H), 3,30 (2s, 6 H, O-CH<sub>3</sub>), 4,5 (m, 2 H, CH(OMe)<sub>2</sub> und CHNO<sub>2</sub>), 5,6 - 5,7 (m, 2 H, Olefin-H).

## Beispiel 5

25 trans-1-Amino-2-(2,2-dimethoxyethyl)cyclohexan

270 g des Rückstands aus der vorhergehenden Stufe wurden in 540 ml Methanol aufgenommen und über Natriumsulfat filtriert. Dann wurde mit 21 g 10 % Pd/C als Katalysator 10 h bei 150 bar Wasserstoffdruck und 100°C hydriert. Anschließend filtrierte man

30 den Katalysator ab, wusch mit 100 ml Methanol nach und engte das Filtrat ein. Der Rückstand wurde im Vakuum (6 mbar, 130°C) über einen Sambay-Verdampfer destilliert. Man erhielt 120 g Destillat mit einem Gehalt von etwa 57 % trans-1-Amino-2-(2,2-dimethoxy-

35 ethyl)cyclohexan. Die Ausbeute über beide Stufen ausgehend von 4,4-Dimethoxy-1-nitro-1-buten betrug 36 %.

Das Produkt konnte durch Zugabe von Essigsäure als Acetat kristallisiert werden. Dazu wurde das rohe Amin in Diethylether

40 gelöst, mit Essigsäure versetzt (auf 10 g Amin 300 ml Ether und 32 g Essigsäure) und das ausgefallene Acetat abgesaugt. Anschließend wurde das Acetat aus Essigester umkristallisiert. Man erhielt 1-Amino-2-(2,2-dimethoxyethyl)cyclohexan-acetat vom Schmp. 92 - 94°C. Zur Bestimmung der analytischen Daten wurde die freie

45 Base aus dem Acetat durch Zugabe von Natronlauge freigesetzt, mit

Essigester extrahiert, der Extrakt eingedampft und am Kugelrohr destilliert.

$^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta(\text{ppm}) = 0,9 - 1,4$  (m, 8H),  $1,6 - 1,9$  (m, 4H),  
5  $1,98 - 2,1$  (m, 1H),  $2,1 - 2,2$  (m, 1H),  $3,36$  (2s, 6 H, O- $\text{CH}_3$ ),  
 $4,50$  (m, 1 H,  $\text{CH}(\text{OMe})_2$ )

#### Beispiel 6

#### 10 (1S,2R)-1-Amino-2-(2,2-dimethoxyethyl)cyclohexan

Eine trockne Lösung von 2,1 g (11,2 mMol) trans-1-Amino-2-(2,2-dimethoxyethyl)-cyclohexan und 1,38 g (10,4 mMol) Methoxyessigsäureisopropylester in 20 ml MTBE wurde mit 200 mg  
15 der immobilisierten Lipase Novozym® 435 versetzt und 25 h bei Raumtemperatur geschüttelt. Danach lag der Umsatz bei 49,5 %. Das (1R,2S)-Enantiomere wurde zum Methoxyacetamid acyliert, während das (1S,2R)-Enantiomere nicht acyliert wurde. Nach Abfiltrieren des Enzyms, Abdampfen des Lösungsmittels am Rotationsverdampfer  
20 und säulenchromatographischer Reinigung (Kieselgel, Elution anfangs mit MTBE anschließend mit MTBE/Methanol) wurden 970 mg reines (1S,2R)-Amino-2-(2,2-dimethoxyethyl)cyclohexan (46 % Ausbeute) erhalten.

#### 25 Beispiel 7

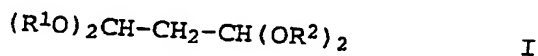
#### (2S,4R,9S)-Octahydroindol-2-carbonsäure

2,25 g (0,01 mol) (1S,2R)-1-Amino-2-(2,2-dimethoxyethyl)cyclo-  
30 hexan wurden in 50 ml mit 1 N Salzsäure 30 min am Rückfluß gekocht. Dann wurde die Lösung mit Natronlauge auf pH 6 - 8 eingestellt, anschließend 0,7 g (0,015 mol) Natriumcyanid zugegeben und der pH-Wert mit weiterer Natronlauge auf 11 eingestellt. Anschließend kochte man noch 1 h am Rückfluß. Dann wurde abge-  
35 kühlt, mit Salzsäure auf pH 6 eingestellt, das Produkt mit Essigester kontinuierlich extrahiert und der Extrakt eingeeengt. Man erhielt 1,7 g eines nach DC einheitlichen öligen Rückstandes. Dieser Rückstand wurde in Methylenchlorid gelöst und das Produkt durch Einleiten von Chlorwasserstoff als Hydrochlorid isoliert.  
40 Das Produkt entspricht dem nach EP 267 098 Example 1, Stade C hergestellten Hydrochlorid.

## Patentansprüche

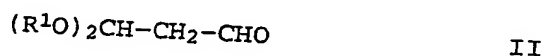
1. Verfahren zur Herstellung von (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure, dadurch gekennzeichnet, daß man

a. eine Verbindung der Formel I



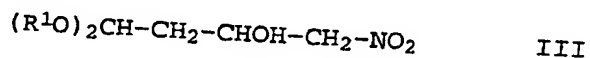
worin R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> gleich oder verschieden sind und C<sub>1-4</sub>-Alkylgruppen darstellen, mit Wasser in Gegenwart eines sauren Katalysators umgesetzt,

- b. die so erhaltenen 3,3-Dialkoxypropionaldehyde der Formel II



einer Henry-Reaktion mit Nitromethan unterwirft,

- c. das so erhaltene 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-butanol der Formel III



dehydratisiert,

- d. das so erhaltene Nitroolefin IV mit Hilfe einer Diels-Alder-Reaktion in das entsprechende trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-nitro-1-cyclohexen V überführt,

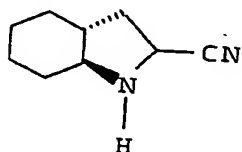
- e. die so erhaltene Substanz V zum entsprechenden trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-amino-1-cyclohexan VI hydriert,

- f. die Verbindung VI einer Racematspaltung unterwirft und das (1S,2R)-1-Amino-2-(2,2-dialkoxyethyl)-cyclohexan VII durch enzymatische Racematspaltung in enantiomerenreiner Form gewinnt,

- g. die so erhaltene Verbindung VII zum entsprechenden Aldehyd VIII hydrolysiert,

- h. den so erhaltenen Aldehyd durch Umsetzung mit Cyanid-Ionen in das entsprechende Nitril IX

5



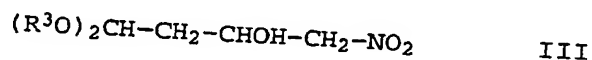
IX

überführt und

- 10 i. dieses Nitril zur (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure verseift.

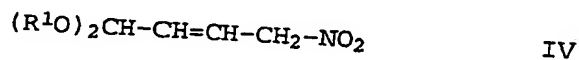
2. 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-butanole der Formel III

15

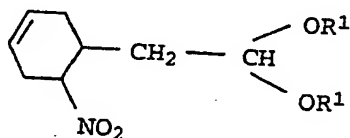


worin  $R^3$  eine Methyl-, Ethyl-, Propyl- oder Butylgruppe darstellt,

- 20 3. 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-butene der Formel IV



- 25 4. trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-nitro-1-cyclohexene der Formel V

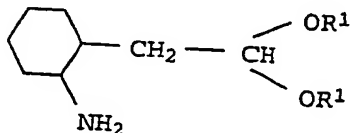


V

30

5. trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-amino-1-cyclohexane der Formel VI

35

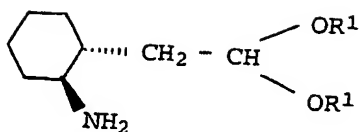


VI

- 40 6. (1S,2R)-1-Amino-2-(2,2-dialkoxyethyl)-cyclohexane der Formel VII

45

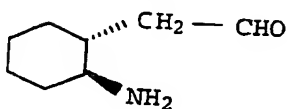
13



VII.

5

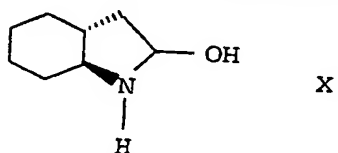
7. Aldehyd der Formel VIII



VIII,

10

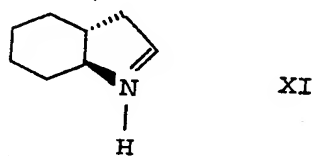
oder dessen Halbaminial



X

15

oder Enamin



XI

20

25

sowie deren Säureadditionssalze.

30

35

40

45

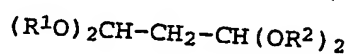
Verfahren zur Herstellung von (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure und Zwischenprodukte dafür

# 5 Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Herstellung von (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure beschrieben, welches darin besteht, daß man

10

- a. eine Verbindung der Formel I



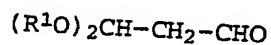
I

15

worin  $R^1$  und  $R^2$  gleich oder verschieden sind und  $C_{1-4}$ -Alkylgruppen darstellen, mit Wasser in Gegenwart eines sauren Katalysators umgesetzt,

20

- b. die so erhaltenen 3,3-Dialkoxypropionaldehyde der Formel II

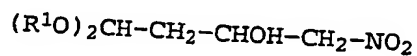


II

einer Henry-Reaktion mit Nitromethan unterwirft,

25

- c. das so erhaltene 4,4-Dialkoxy-1-nitro-2-butanol der Formel III



III

30

dehydratisiert,

- d. das so erhaltene Nitroolefin IV mit Hilfe einer Diels-Alder-Reaktion in das entsprechende trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-nitro-1-cyclohexen V überführt,

35

- e. die so erhaltene Substanz V zum entsprechenden trans-4-(2,2-Dialkoxyethyl)-5-amino-1-cyclohexan VI hydriert,

40

- f. die Verbindung VI einer Racematspaltung unterwirft und das (1S,2R)-1-Amino-2-(2,2-dialkoxyethyl)-cyclohexan VII durch enzymatische Racematspaltung in enantiomerenreiner Form gewinnt,

45

- g. die so erhaltene Verbindung VII zum entsprechenden Acetal VIII hydrolysiert,



15

- h. den so erhaltenen Aldehyd in das entsprechende Nitril VIII  
überführt und
- 5 i. dieses Nitril zur (2S,4R,9S)-Octahydro-1H-indol-2-carbonsäure  
cyclisiert.

10

15

20

25

30

35

40

45

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/EP 99/10159

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C07D209/42 C07D209/08 C07D209/34 C07C223/04 C07C217/52  
C07C205/33 C07C205/28 C07C205/29

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 C07D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BRION F ET AL: "STEREOSELECTIVE SYNTHESIS OF A TRANS-OCTAHYDROINDOLE DERIVATIVE, PRECURSOR OF TRANDOLAPRIL (RU 44 570), AN INHIBITOR OF ANGIOTENSIN CONVERTING ENZYME" TETRAHEDRON LETTERS., vol. 33, no. 34, 1992, pages 4889-4892, XP000885877 ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM., NL ISSN: 0040-4039 page 4892, combination 15 page 4891, scheme 1	7
A		1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 April 2000

Date of mailing of the international search report

12/05/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Seymour, L

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

International Application No  
PCT/EP 99/10159

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 132 580 A (HOECHST A.-G., FED. REP. GER.) 13 February 1985 (1985-02-13) cited in the application claim 1; example 3	1-7
A	EP 0 084 164 A (HOECHST AG) 27 July 1983 (1983-07-27) cited in the application claim 16	1-7
X	YANOVSKAYA L A ET AL: BULLETIN OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES. DIVISION OF CHEMICAL SCIENCE., 1962, pages 623-629, XP000886172 PLENUM PUBLISHING CO, NEW YORK, NY., US page 624; example II	2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP 99/10159

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0132580	A	13-02-1985	DE 3322530 A	10-01-1985
			CA 1224792 A	28-07-1987
			DK 306684 A	24-12-1984
			ES 533571 D	16-02-1985
			ES 8503327 A	01-06-1985
			FI 842522 A	24-12-1984
			GR 82121 A	13-12-1984
			HU 34728 A,B	28-04-1985
			JP 60013756 A	24-01-1985
			NO 842545 A	27-12-1984
			PT 78756 A,B	01-07-1984
			US 4691022 A	01-09-1987
EP 0084164	A	27-07-1983	DE 3151690 A	07-07-1983
			DE 3210701 A	06-10-1983
			AT 25244 T	15-02-1987
			AT 47838 T	15-11-1989
			AU 559140 B	26-02-1987
			AU 9193182 A	07-07-1983
			BG 60936 B	28-06-1996
			CA 1206478 C	24-06-1986
			CS 9104095 A	15-04-1992
			DK 119992 A	28-09-1992
			DK 576782 A	30-06-1983
			EP 0170775 A	12-02-1986
			ES 518574 D	01-10-1983
			ES 8308850 A	16-12-1983
			ES 521740 D	16-01-1984
			ES 8402271 A	16-04-1984
			FI 824474 A,B,	30-06-1983
			FI 883456 A,B,	21-07-1988
			GR 78413 A	27-09-1984
			HK 74989 A	22-09-1989
			HU 194278 B	28-01-1988
			HU 194167 B	28-01-1988
			IE 56170 B	08-05-1991
			IE 55867 B	14-02-1991
			IL 67572 A	18-08-1992
			JP 1301695 A	05-12-1989
			JP 1301659 A	05-12-1989
			JP 1878419 C	07-10-1994
			JP 6004586 B	19-01-1994
			JP 1879559 C	21-10-1994
			JP 5087504 B	16-12-1993
			JP 58118569 A	14-07-1983
			KR 8903424 B	20-09-1989
			LU 88263 A	03-02-1994
			MX 9203413 A	01-08-1992
			NO 824394 A,B,	30-06-1983
			NO 832741 A	30-06-1983
			NZ 202903 A	08-01-1988
			NZ 214877 A	08-01-1988
			PH 18918 A	06-11-1985
			PH 19771 A	27-06-1986
			PT 76052 A,B	01-01-1983
			SG 1389 G	02-06-1989
			US 4933361 A	12-06-1990
			US 5101039 A	31-03-1992

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No  
PCT/EP 99/10159

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0084164	A	US 5008400 A ZA 8209523 A	16-04-1991 26-10-1983

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 99/10159

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 132 580 A (HOECHST A.-G., FED. REP. GER.) 13. Februar 1985 (1985-02-13) in der Anmeldung erwähnt Anspruch 1; Beispiel 3	1-7
A	EP 0 084 164 A (HOECHST AG) 27. Juli 1983 (1983-07-27) in der Anmeldung erwähnt Anspruch 16	1-7
X	YANOVSKAYA L A ET AL: BULLETIN OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES. DIVISION OF CHEMICAL SCIENCE., 1962, Seiten 623-629, XP000886172 PLENUM PUBLISHING CO, NEW YORK, NY., US Seite 624; Beispiel II	2

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen  
PCT/EP 99/10159

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0132580 A	13-02-1985	DE 3322530 A	10-01-1985
		CA 1224792 A	28-07-1987
		DK 306684 A	24-12-1984
		ES 533571 D	16-02-1985
		ES 8503327 A	01-06-1985
		FI 842522 A	24-12-1984
		GR 82121 A	13-12-1984
		HU 34728 A, B	28-04-1985
		JP 60013756 A	24-01-1985
		NO 842545 A	27-12-1984
		PT 78756 A, B	01-07-1984
		US 4691022 A	01-09-1987
EP 0084164 A	27-07-1983	DE 3151690 A	07-07-1983
		DE 3210701 A	06-10-1983
		AT 25244 T	15-02-1987
		AT 47838 T	15-11-1989
		AU 559140 B	26-02-1987
		AU 9193182 A	07-07-1983
		BG 60936 B	28-06-1996
		CA 1206478 C	24-06-1986
		CS 9104095 A	15-04-1992
		DK 119992 A	28-09-1992
		DK 576782 A	30-06-1983
		EP 0170775 A	12-02-1986
		ES 518574 D	01-10-1983
		ES 8308850 A	16-12-1983
		ES 521740 D	16-01-1984
		ES 8402271 A	16-04-1984
		FI 824474 A, B,	30-06-1983
		FI 883456 A, B,	21-07-1988
		GR 78413 A	27-09-1984
		HK 74989 A	22-09-1989
		HU 194278 B	28-01-1988
		HU 194167 B	28-01-1988
		IE 56170 B	08-05-1991
		IE 55867 B	14-02-1991
		IL 67572 A	18-08-1992
		JP 1301695 A	05-12-1989
		JP 1301659 A	05-12-1989
		JP 1878419 C	07-10-1994
		JP 6004586 B	19-01-1994
		JP 1879559 C	21-10-1994
		JP 5087504 B	16-12-1993
		JP 58118569 A	14-07-1983
		KR 8903424 B	20-09-1989
		LU 88263 A	03-02-1994
		MX 9203413 A	01-08-1992
		NO 824394 A, B,	30-06-1983
		NO 832741 A	30-06-1983
		NZ 202903 A	08-01-1988
		NZ 214877 A	08-01-1988
		PH 18918 A	06-11-1985
		PH 19771 A	27-06-1986
		PT 76052 A, B	01-01-1983
		SG 1389 G	02-06-1989
		US 4933361 A	12-06-1990
		US 5101039 A	31-03-1992



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/10159

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0084164 A		US 5008400 A	16-04-1991
		ZA 8209523 A	26-10-1983

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**